

KARAKTERISASI BENTUK PARTIKEL SiC YANG DILAPISI SPINEL (MgAl_2O_4) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ELECTROLESS PLATING*

Ridlo Fajrittamam, M. Zainuri

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: zainuri@physics.its.ac.id

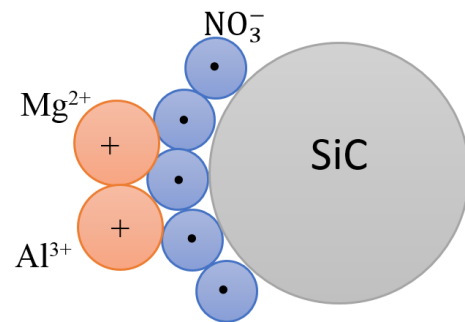
Abstrak—Penelitian tentang karakterisasi bentuk partikel SiC yang dilapisi spinel (MgAl_2O_4) dengan menggunakan metode electroless plating telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembentukan spinel pada permukaan partikel SiC melalui tahapan awal pembentukan lapisan SiO_2 serta mengidentifikasi parameter bentuk partikel. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu penahanan 2, 6, 10 dan 14 jam pada suhu pemanasan 1200°C . Karakterisasi yang digunakan untuk menganalisis material SiC yang telah dioksidasi maupun material SiC yang telah dilapisi dengan spinel yaitu XRD (X-ray Diffraction), SEM (Scanning Electron Microscopy) dan EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). Hasil analisis menunjukkan bahwa seiring peningkatan holding time, maka semakin tebal lapisan SiO_2 . Spinel yang terbentuk semakin homogen pada permukaan partikel SiC berdasarkan spektrum EDS. Pelapisan SiO_2 dan spinel akan mempengaruhi beberapa parameter bentuk partikel, yaitu menurunkan nilai Bulkines Factor (B_f), menurunkan nilai Shape Factor (K_s) dan meningkatkan nilai perimetri.

Kata Kunci—*electroless plating*, Bulkines Factor (B_f), perimetri, Shape Factor (K_s), spinel (MgAl_2O_4).

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi menyebabkan kebutuhan akan material juga semakin meningkat dan bervariasi. Salah satu material yang digunakan adalah material SiC, yang berperan sebagai material penguat pada komposit berbasis material logam, seperti Fe, Mg dan Al atau lebih dikenal sebagai *Metal Matrix Composite*, MMCs. Material serbuk SiC termasuk material keramik dimana keramik memiliki ikatan ionik yang tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi sehingga material keramik mempunyai sifat yang kuat, rapuh dan serta tahan korosi [3].

Selain memiliki keunggulan tersebut, material serbuk SiC juga dapat memperburuk kinerja komposit tersebut, karena kemampuan basahan partikel SiC tersebut rendah. Oleh karena itu perlu dilakukan rekayasa permukaan partikel SiC untuk meningkatkan gaya adhesif dan kohesifnya. Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan basahan (*wetability*) yaitu pembentukan lapisan oksida pada permukaan partikel



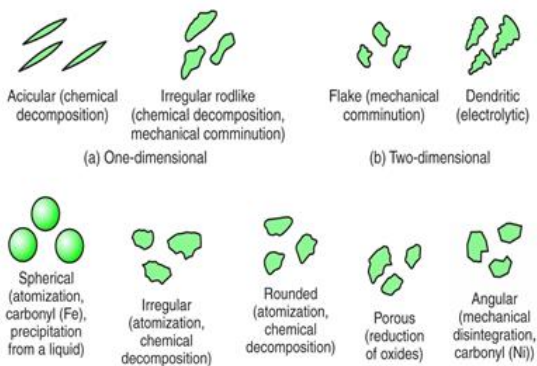
Gambar 1. Mekanisme pelapisan MgAl_2O_4 pada permukaan penguat SiC [2].

SiC yang nantinya berperan sebagai pengikat (*binder*) antara material logam dengan partikel SiC. Penambahan lapisan SiO_2 secara terus-menerus dapat meningkatkan kemampuan basahan. Pembentukan oksida dapat dilakukan dengan memberi perlakuan panas pada partikel SiC, sehingga dapat menghasilkan lapisan silika pada permukaan SiC [5].

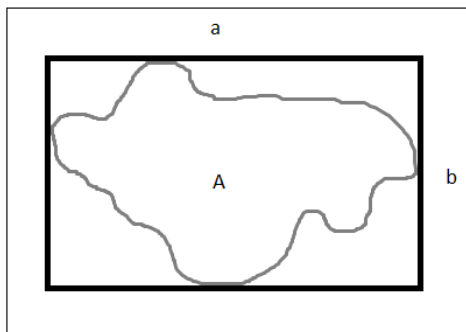
Oksida logam yang banyak digunakan sebagai pengikat (*binder*) harus mempunyai kesejajaran bidang antara SiC dan pengikat (*binder*). MgAl_2O_4 (spinel) merupakan material yang memiliki kesejajaran bidang dengan SiC sehingga sering digunakan. Material ini juga mempunyai kekuatan mekanik yang baik, titik lebur tinggi (2135°C), dan juga mempunyai sifat termal, kimia, dan optik [6]. Gambar 1. merupakan mekanisme pembentukan MgAl_2O_4 (spinel) pada permukaan SiC yang dihasilkan dari metode *electroless plating*.

Electroless plating merupakan salah satu metoda pelapisan dengan cara mendeposisikan logam pada sebuah substrat dengan medium larutan polar sebagai agen pereduksinya. Metode *electroless plating* memiliki beberapa keunggulan yaitu biaya yang relatif lebih murah dan penggunaan temperatur rendah dalam proses pelapisannya mengurangi terjadinya oksidasi pada substrat [7].

Serbuk partikel memiliki berbagai jenis bentuk-bentuk partikel akibat proses fabrikasinya. Begitu juga dengan serbuk SiC yang telah dioksidasi dan yang telah terlapisi spinel. Gambar 2. merupakan beberapa jenis bentuk partikel.



Gambar 2. Bentuk-bentuk partikel [8].



Gambar 3. Bentuk-bentuk partikel [1].

Pada penelitian ini akan dilakukan identifikasi bentuk partikel menurut beberapa parameter partikel sebagai berikut:

1. Faktor perpanjangan.
2. Faktor *Bulk*.
3. Faktor Permukaan

Identifikasi serbuk pada Gambar 3. dapat dilakukan dengan tiga macam pendekatan sebagai berikut :

1. Faktor perpanjangan

Nilai dari faktor perpanjangan dapat didefinisikan dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$x = a/b \quad (1)$$

dengan : a = sisi panjang (μm),
b = sisi pendek (μm).

2. Faktor *bulk*

Nilai dari faktor *bulk* dapat didefinisikan dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$y = A/a.b \quad (2)$$

dengan : A = luas dimensi serbuk.

3. Faktor Permukaan

$$K_s = (A/V)D_s \quad (3)$$

dengan:

K_s : *shape factor*,

A : luas Permukaan,

V : volum kubus,

D_s : diameter partikel.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahap Telaah

Langkah awal dalam penelitian ini yaitu menyiapkan bahan-bahan yaitu serbuk Silika Karbida (SiC), serbuk Aluminium

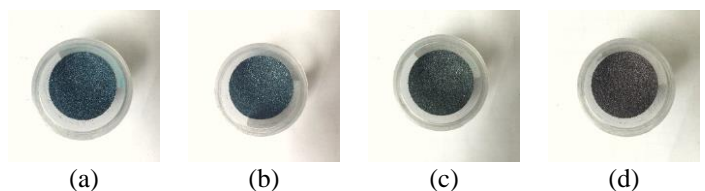
(Al), serbuk Magnesium (Mg), larutan Asam Nitrat (HNO_3) 65%, alkohol dan aquades. Serbuk SiC dibersihkan menggunakan *ultrasonic cleaner* menggunakan alkohol. Pencucian SiC dilakukan hingga larutan alkohol bening. Setelah proses pembersihan serbuk SiC dikeringkan dalam oven temperatur 100°C sampai kering sempurna. Pada penelitian ini terdiri dari dua tahap sintesis yaitu pembentukan lapisan oksida dan pelapisan spinel MgAl_2O_4 pada permukaan partikel SiC. Untuk perlakuan panas pada serbuk SiC digunakan *furnace* pada suhu 1200°C dengan variasi waktu *holding time* 2, 6, 10 dan 14 jam dengan laju pemanasan dan pendinginan sebesar $5^\circ\text{C}/\text{min}$. Pada proses pelapisan spinel dibuat dengan mencampurkan serbuk Al 0,5 gr dengan serbuk Mg 0,1 gr kedalam larutan HNO_3 konsentrasi 65% sebesar 40 ml. Serbuk SiC yang telah disiapkan lalu dimasukkan dalam larutan elektrolit yang telah disiapkan diaduk dengan *magnetik stirrer* pada temperatur 100°C sekitar 1 jam sampai larutan agak mengering. Dan dilanjutkan pada suhu 200°C sekitar 1 jam untuk menghilangkan sisa asam NO_3^- . Langkah selanjutnya serbuk SiC dioksidasi dalam *furnace* pada suhu 400°C selama 2 jam, dengan tujuan membentuk fasa spinel MgAl_2O_4 pada permukaan SiC. Serbuk SiC yang telah dioksidasi maupun material SiC yang telah dilapisi dengan spinel yaitu XRD (*X-ray Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*).

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Analisis Pelapisan Oksida pada Permukaan SiC

Pembentukan lapisan oksida pada permukaan SiC dapat dilakukan dengan cara mengoksidasi serbuk SiC di dalam alat *furnace*. Untuk mengetahui fenomena perubahan yang terkait perubahan temperatur pada serbuk SiC digunakan DSC/TGA (*Differential Scanning Calorimetry/ Thermogravimetric Analysis*). Pengujian DSC/TGA pada serbuk SiC merujuk pada penelitian sebelumnya, dimana hasil DTA/DTG yang menunjukkan bahwa di atas suhu $878,52^\circ\text{C}$ telah terjadi penambahan massa pada permukaan partikel SiC, hal ini mengindikasikan bahwa telah terbentuk fasa baru, yaitu fasa SiO_2 [4]. Pada penelitian ini ditentukan variasi *holding time* selama 2, 6, 10 dan 14 jam pada temperatur 1200°C yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh *holding time* terhadap pembentukan fasa SiO_2 pada permukaan partikel SiC.

Secara kualitatif hasil pembentukan oksida pada permukaan SiC ditunjukkan pada Gambar 4.



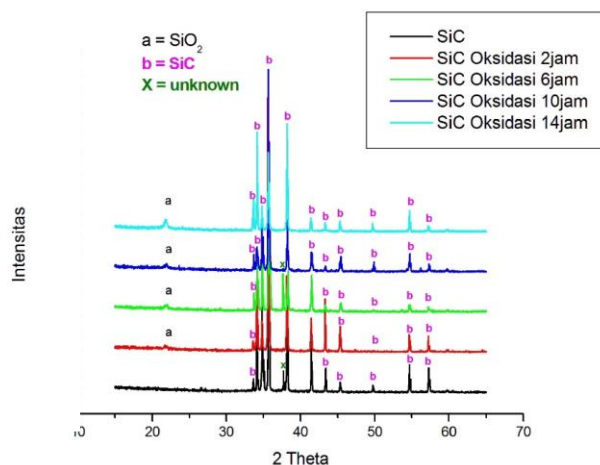
Gambar 4. (a) SiC 1200°C , 2 jam (b) SiC 1200°C , 6 jam (c) SiC 1200°C , 10 jam (d) SiC 1200°C , 14 jam.

Secara makroskopis, pada Gambar 4. terlihat adanya perubahan warna pada serbuk SiC. Dimana semakin besar temperatur kalsinasi yang diberikan pada serbuk SiC semakin gelap warna yang dihasilkan. Hal ini mengindikasikan adanya perubahan fasa yang terjadi.

B. Analisis Fasa berdasarkan Pola Difraksi Sinar-X pada SiC yang dioksidasi

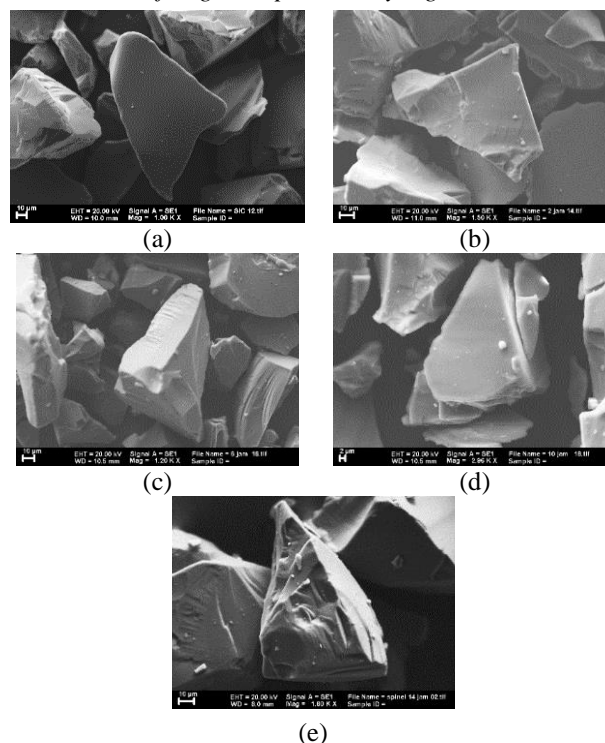
Secara kualitatif hasil analisa XRD ditunjukkan pada Gambar 5. yang menunjukkan posisi puncak – puncak dari hasil serbuk SiC yang telah dilakukan proses oksidasi dengan menggunakan variasi temperatur 1200°C dengan *holding time* 2 jam, 6 jam, 10 jam dan 14 jam. Puncak – puncak yang teridentifikasi yaitu SiC dan SiO₂. Puncak – puncak SiC mengacu pada pola difraksi PDF : 01-0159 yang memiliki sistem kristal hexagonal, space group P63mc. Sedangkan puncak – puncak SiO₂ mengacu pada pola difraksi PDF : 00-9688 yang memiliki sistem kristal tetragonal, space group P41212.

Berdasarkan kenaikan *holding time* pada saat oksidasi dengan temperatur yang sama yaitu 1200 °C pada permukaan SiC terbentuk fasa baru yaitu SiO₂. Namun sebelum diberi perlakuan panas hanya terdeteksi fasa SiC saja. Fasa baru SiO₂ terdeteksi pada 2θ sekitar 21,89°. Terjadinya transformasi fasa ini dikarenakan adanya perlakuan temperatur yaitu berupa oksidasi. Pemberian variasi *holding time* pada saat oksidasi menyebabkan kuantitas fasa SiO₂ meningkat yang artinya semakin tebal juga lapisan SiO₂ yang terbentuk pada permukaan partikel SiC. Secara umum bertambahnya *holding time* pada saat oksidasi menyebabkan kristalinitas meningkat, dimana hal ini bisa dilihat pada intensitas yang meningkat pada puncak-puncak SiC. Seperti pada puncak sekitar, 33,69°, 34,14°, 35,66°, 38,20°, 41,66° 43,20°, 45,60 °, 49,90 °, 54,5° dan 57,34°.



Gambar 5. Pola XRD pada partikel SiC yang telah teroksidasi

C. Analisis Morfologi Pelapisan SiC yang dioksidasi



Gambar 6. Permukaan Partikel (a) SiC (b) SiC 1200°C, 2 jam (c) SiC 1200°C, 6 jam (d) SiC 1200°C, 10 jam (e) SiC 1200°C, 14 jam.

Berdasarkan gambar 6. terlihat bahwa permukaan SiC yang telah dioksidasi cenderung ke abu-abu dan permukaannya sedikit kasar, hal ini mengindikasikan bahwa pada permukaan SiC telah terlapisi SiO₂. Selain analisis kualitatif berdasarkan citra SEM, didapatkan pula analisis secara kuantitatif berdasarkan SEM-EDX. Tabel 4.1 merupakan prosentase komposisi atom pada SiC yang telah dioksidasi.

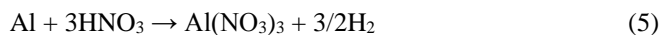
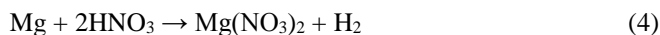
Tabel 1. Prosentase komposisi atom pada SiC yang telah dioksidasi.

No	Sampel	Elemen (at.%)		
		Si	C	O
1	SiC	38,46	52,47	9,08
2	SiC oksidasi 1200°C, 2jam	35,15	23,55	41,31
3	SiC oksidasi 1200°C, 6jam	24,43	33,94	41,63
4	SiC oksidasi 1200°C, 10jam	27,42	22,06	50,51
5	SiC oksidasi 1200°C, 14jam	34,82	5,66	59,52

Berdasarkan Tabel 1. diketahui bahwa prosentase atom diperoleh elemen O untuk masing-masing variasi. Secara keseluruhan hasil EDX menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi elemen O seiring peningkatan *holding time*.

D. Pembentukan Spinel ($MgAl_2O_4$) pada Permukaan Serbuk SiC

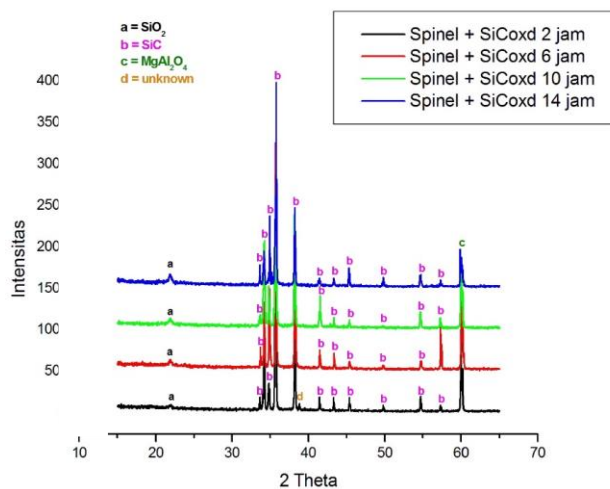
Lapisan $MgAl_2O_4$ dibuat dengan melarutkan serbuk Mg dan Al ke dalam larutan polar HNO_3 . Konsentrasi Mg 0,01 gram dan Al 0,5 gram ke dalam larutan polar HNO_3 40ml. Reaksi – reaksi yang terbentuk adalah sebagai berikut :



Proses pencampuran serbuk Al dan serbuk Mg dengan larutan HNO_3 untuk membuat larutan pelapis dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* hingga dihasilkan larutan yang bening dan jernih.

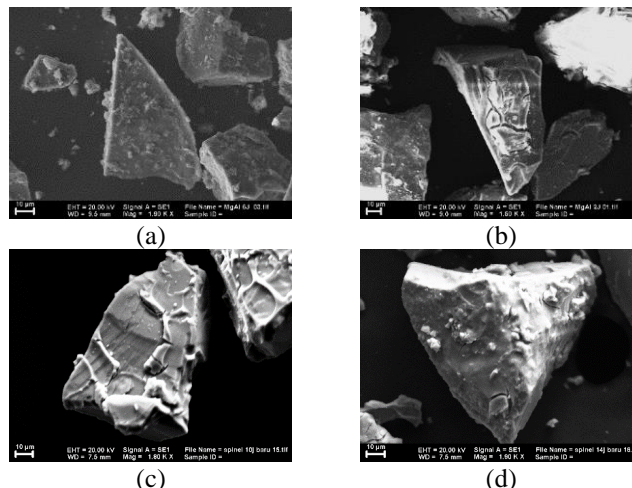
E. Analisis Fasa berdasarkan Pola Difraksi Sinar-X pada SiC yang telah dilapisi Spinel ($MgAl_2O_4$)

Pada Gambar 7. menunjukkan posisi puncak – puncak dari hasil serbuk SiC yang telah terlapisi spinel ($MgAl_2O_4$). Puncak – puncak $MgAl_2O_4$ mengacu pada pola difraksi PDF : 01-0130 yang memiliki sistem kristal cubic, space group Fd-3m. Setelah dilakukan pelapisan dengan metode *electroless plating* terbentuk fasa baru yaitu spinel ($MgAl_2O_4$). Namun sebelum diberi pelapisan terdeteksi fasa SiC dan fasa SiO_2 . Pembentukan fasa baru ini terjadi akibat gaya elektrostatis antara serbuk SiC yang termuat sisa asam NO_3^- dengan ion-ion Mg^{2+} dan Al^{3+} pada larutan elektrolit. Selanjutnya dengan adanya pengikatan O^{2-} dari reaksi oksidasi oleh SiC berupa SiO_2 dapat membentuk fasa metastabil spinel ($MgAl_2O_4$). Secara umum bertambahnya *holding time* pada saat oksidasi menyebabkan kristalinitas spinel ($MgAl_2O_4$) meningkat. Pada puncak spinel yaitu pada sudut 2θ sekitar $59,99^\circ$ intensitas yang meningkat karena semakin banyak pengikatan O^{2-} yang tersedia sehingga banyak fasa spinel ($MgAl_2O_4$) yang terbentuk.



Gambar 7. Analisis XRD pada partikel SiC yang telah terlapisi spinel ($MgAl_2O_4$).

F. Analisis Morfologi pada SiC yang telah dilapisi spinel ($MgAl_2O_4$)



Gambar 8. (a) Spinel + SiC 1200°C, 2 jam (b) Spinel + SiC 1200°C, 6 jam (c) Spinel + SiC 1200°C, 10 jam (d) Spinel + SiC 1200°C, 14 jam.

Berdasarkan Gambar 8. tampak terlihat permukaan SiC terjadi peningkatan lapisan spinel, dimulai lapisan tipis dan kurang merata hingga lapisan yang lebih tebal dan merata lebih merata pada seluruh permukaan, sehingga permukaan SiC kasar. Selain analisis kualitatif berdasarkan citra SEM, didapatkan pula analisis secara kuantitatif berdasarkan SEM-EDX. Selain mengetahui unsur yang terkandung didalamnya.

Tabel 2. Prosentase komposisi atom pada SiC yang telah terlapisi Spinel

No	Sampel	Elemen (at.%)				
		Si	C	O	Mg	Al
1	Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 2jam	34,38	14,09	51,25	0,12	0,16
2	Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 6jam	11,85	44,40	40,33	0,85	2,59
3	Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 10jam	15,44	33,26	45,10	1,11	4,69
4	Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 14jam	10,94	30,28	53,28	0,76	4,75

Berdasarkan Tabel 2. diketahui bahwa prosentase elemen Mg dan elemen Al yang merupakan elemen penyusun terbentuknya spinel ($MgAl_2O_4$), sehingga semakin banyak elemen tersebut maka semakin banyak pula spinel ($MgAl_2O_4$) yang terlapisi pada permukaan SiC. Pada pembuatan larutan spinel digunakan konsentrasi yang sama, namun terjadi peningkatan komposisi atom Mg dan Al. Hal ini dikarenakan semakin lama *holding time* saat oksidasi, maka semakin banyak atom O pada permukaan SiC. Atom O inilah yang

berperan untuk mengikat Mg dan Al hingga terbentuk Spinel.

G. Analisis Bentuk Permukaan Partikel SiC

Perlakuan oksidasi serta pelapisan spinel (MgAl_2O_4) pada permukaan SiC dengan variasi *holding time* akan mempengaruhi bentuk partikel dan juga akan meningkatkan ikatan antar antarmuka, karena ikatan antarmuka dipengaruhi oleh luas permukaan partikel. Luas partikel menentukan dari *bulkiness factor* atau nilai kekasaran permukaan pada permukaan suatu partikel. Tabel 3. dan Tabel 4. merupakan hasil perhitungan *bulkiness factor* untuk SiC yang telah dioksidasi dan SiC yang telah terlapisi spinel (MgAl_2O_4)

Tabel 3. Nilai *Bulkiness Factor* (B_f) pada SiC yang telah dioksidasi

Sampel	Nilai <i>Bulkiness Factor</i> (B_f)
SiC	0,57
SiC oksidasi 1200°C, 2jam	0,50
SiC oksidasi 1200°C, 6jam	0,50
SiC oksidasi 1200°C, 10jam	0,50
SiC oksidasi 1200°C, 14jam	0,50




Tabel 4. Nilai *Bulkiness Factor* (B_f) pada SiC yang telah terlapisi spinel (MgAl_2O_4)

Sampel	Nilai <i>Bulkiness Factor</i> (B_f)
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 2jam	0,60
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 6jam	0,58
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 10jam	0,57
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 14jam	0,50

Pada Tabel 3. dan Tabel 4. memperlihatkan bahwa nilai dari *Bulkiness Factor* (B_f) semakin kecil seiring dengan meningkatnya *holding time*. *Bulkiness Factor* (B_f) atau kekasaran permukaan partikel ini mengindikasikan besarnya *surface area contact*. Semakin banyak lapisan yang terbentuk pada permukaan SiC maka semakin banyak terjadi penumpukan partikel yang menyebabkan kekasaran permukaan partikel meningkat. Pada serbuk SiC nilai B_f sebesar 0,57. Namun setelah terlapisi Spinel (MgAl_2O_4) nilai B_f menjadi sebesar 0,50.

Nilai B_f yang telah didapatkan untuk masing-masing sampel kemudian dapat dibandingkan dengan nilai *Shape Factor* (K_s) dari beberapa bentuk partikel yang besar nilainya ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil menunjukkan bahwa semakin kasar bentuk permukaan partikel maka semakin besarnya *surface area contact* dan semakin kecil nilai dari *Bulkiness Factor* (B_f).

Tabel 5. Nilai *Bulkiness Factor* (B_f) pada beberapa bentuk partikel

Bentuk Partikel	Nilai <i>Bulkiness Factor</i> (B_f)
	1,00
	0,87
	0,75

Selain Nilai *Bulkiness Factor* (B_f) juga akan dihitung nilai dari *shape factor* (K_s), yaitu bentuk dari partikel tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 6. berikut:

Tabel 6. Nilai *Shape Factor* (K_s) pada SiC yang telah dioksidasi

Sampel	Nilai <i>Shape Factor</i> (K_s)
SiC	7,55
SiC oksidasi 1200°C, 2jam	7,49
SiC oksidasi 1200°C, 6jam	7,49
SiC oksidasi 1200°C, 10jam	7,48
SiC oksidasi 1200°C, 14jam	7,48

Tabel 7. Nilai *Shape Factor* (K_s) pada SiC yang telah terlapisi spinel (MgAl_2O_4)

Sampel	Nilai <i>Shape Factor</i> (K_s)
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 2jam	7,59
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 6jam	7,59
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 10jam	7,48
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 14jam	7,46

Berdasarkan nilai *Shape Factor* (K_s) yang ditunjukkan pada Tabel 6. dan Tabel 7. terlihat bahwa material SiC tersebut memiliki nilai *Shape Factor* (K_s) yang berbeda. Nilai K_s menurun seiring dengan bertambahnya *holding time* pada peristiwa oksidasi begitupun saat sesudah pelapisan spinel. Setelah didapatkan *Shape Factor* (K_s) untuk masing-masing sampel kemudian dicocokkan dengan nilai *Shape Factor* (K_s) dari beberapa bentuk partikel yang besar nilainya ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai *Shape Factor* (K_s) pada berbagai bentuk partikel

Bentuk Partikel	Nilai <i>Shape Factor</i> (K_s)
Spherical	8,50
Irregular	7,88
Porous	7,83
Rounded	7,65
Dendritic	7,63
Flake	7,55
Irregular Rodlike	7,46
Anguler	7,10
Acicular	6,80

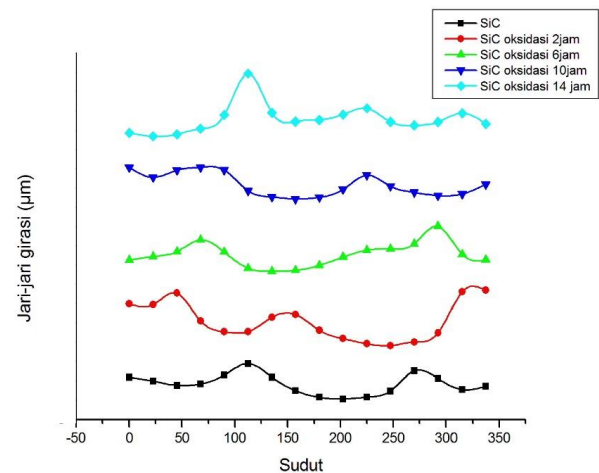
Pada tabel Tabel 6. merupakan nilai *Shape Factor* (K_s) pada SiC yang telah dioksidasi, dimana semula SiC memiliki nilai K_s sebesar 7,5 yang merujuk ke bentuk partikel *flake*, namun setelah peristiwa oksidasi dan seiring bertambahnya *holding time* nilai K_s menjadi 7,48 dimana bentuk partikelnya berubah cenderung menyerupai *irregular rodlike*. Setelah SiC terlapisi spinel ($MgAl_2O_4$) didapatkan Nilai *Shape Factor* (K_s) yang ditunjukkan pada Tabel 7. Peristiwa pelapisan spinel ($MgAl_2O_4$) menyebabkan perubahan nilai K_s , dimana partikel cenderung memiliki bentuk partikel *irregular rodlike* dengan besar nilai K_s 7,46. Secara keseluruhan bentuk partikel SiC akan mengalami perubahan bentuk partikel karena adanya lapisan SiO_2 akibat peristiwa oksidasi maupun adanya lapisan spinel ($MgAl_2O_4$) akibat peristiwa *electroless plating*. Semula bentuk partikel SiC berbentuk *flake*, dan setelah beberapa perlakuan yang diberikan bentuk partikel SiC akan cenderung menyerupai bentuk *irregular rodlike*.

Selain analisa nilai *Bulkines Factor* (B_f) atau kekasaran partikel SiC akibat adanya pelapisan SiO_2 , juga dilakukan analisa data semi-analitik dari ketebalan lapisan SiO_2 yang terbentuk. Tabel 9. merupakan data tebal lapisan SiO_2 yang terbentuk pada permukaan SiC akibat adanya peristiwa oksidasi. Semakin lama *holding time* saat oksidasi maka akan semakin tebal lapisan SiO_2 . Saat serbuk SiC dioksidasi pada suhu $1200^\circ C$ dengan *holding time* 14jam didapatkan tebal paling maksimal yaitu sebesar 10,6 nm.

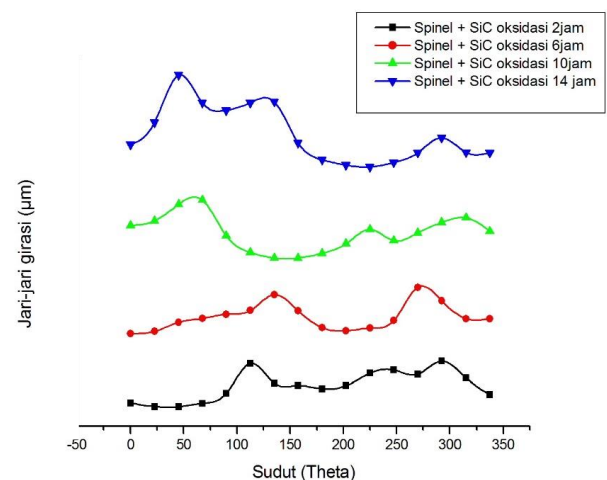
Tabel 9. Nilai tebal lapisan oksida (SiO_2) pada permukaan SiC

Sampel	Tebal lapisan (nm)
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 2jam	3,62
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 6jam	3,62
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 10jam	7,73
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 14jam	10,6

Berdasarkan analisis bentuk permukaan dan kekasaran serbuk SiC maka dapat ditentukan nilai perimetrinya. Pertama mencari pusat massa partikel SiC, kemudian menentukan jari-jari dari pusat lingkaran ke tepi permukaan SiC. Selanjutnya dibuat grafik antara sudut dan nilai jari-jari dari pusat lingkaran ke tepi permukaan SiC. Maka grafik perimetri yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 6. dan Gambar 7. sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik perimetri SiC yang telah dioksidasi



Gambar 7. Grafik perimetri SiC yang telah terlapisi Spinel

Setelah diperoleh grafik seperti gambar diatas, kemudian dapat ditentukan nilai panjang perimetrinya yang hasilnya ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 10. Nilai panjang perimetri pada SiC yang telah dioksidasi

Sampel	Nilai Perimetri (unit satuan)
SiC	9,50
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 2jam	10,00
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 6jam	10,10
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 10jam	10,70
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 14jam	11,50

Tabel 11. Nilai panjang perimetri pada SiC yang telah terlapisi spinel (MgAl_2O_4)

Sampel	Nilai Perimetri (unit satuan)
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 2jam	10,00
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 6jam	10,20
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 10jam	10,75
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 14jam	11,60

Tabel 10. dan Tabel 11. memperlihatkan nilai panjang grafik perimetri SiC setelah oksidasi dan SiC setelah terlapisi spinel. Nilai panjang grafik perimetri yang diperoleh berbeda dan cenderung menunjukkan peningkatan. Nilai panjang grafik perimetri SiC setelah terlapisi spinel lebih besar dari pada sebelum terlapisi spinel. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk permukaan partikel SiC terlapisi spinel lebih kasar seiring meningkatnya *holding time* yang digunakan saat oksidasi.

Karakteristik bentuk partikel sangat berpengaruh pada pembuatan bahan komposit berbasis *powder metallurgy*. Nilai kekasaran atau *Bulkiness Factor* (B_f) dari material serbuk sangat terkait dengan *surface area contact* antar partikel saat kompaksi dalam *green density*. Sedangkan geometri bentuk-bentuk partikel pada material serbuk sangat berpengaruh terhadap kehomogenan, dimensi dan bentuk porositas setelah *green density*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Lapisan SiO_2 yang terbentuk pada permukaan partikel SiC semakin meningkat seiring dengan peningkatan *holding time*. Tebal lapisan yang terbentuk pada suhu 1200°C dengan variasi *holding time* 2, 6, 10 dan 14 jam secara berurutan, 3,62 nm, 3,62 nm, 7,73 nm dan 10,6 nm.
2. Distribusi penyebaran spinel pada permukaan SiC berdasarkan spektrum EDS adalah semakin homogen seiring peningkatan variasi *holding time* saat oksidasi partikel SiC.
3. Pelapisan SiO_2 dan spinel (MgAl_2O_4) mempengaruhi beberapa parameter bentuk partikel, antara lain menurunkan nilai *Bulkiness Factor* (B_f) sebesar 12,28%, menurunkan nilai *Shape Factor* (K_s) sebesar 1,19% sehingga bentuk partikel cenderung seperti *irregular rodlike* dan meningkatkan nilai panjang perimetri sebesar 22,10%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. M. Zainuri, M.Si selaku dosen pembimbing dan semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifin, Achmad. 2002. "Pengaruh Variabel Faksi Volume Al_2O_3 Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Al- Al_2O_3 ", Tugas akhir, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- [2] Hendro Haribowo. 2007. "Sifat Mekanik Komposit Al/SiC dengan Proses Pelapisan MgAl_2O_4 pada Penguat SiC dan Variasi Waktu Sintering", Tugas akhir Jurusan Fisika, FMIPA ITS, 2007 [unpublished work].
- [3] Khairul, Sakti. 2009. "Pembuatan Komposit Metal Al Alloy Nano Keramik SiC dan Karakterisasinya", Tesis. Sekolah Pascasarjana. USU Medan.
- [4] Saleh, M dan Zainuri, M. 2009. "Pengaruh pelapisan Oksida SiO_2 pada Permukaan Partikel SiC Terhadap Kualitas Ikatan Antarmuka Komposit Al-SiC", Seminar Nasional Pascasarjana IX, ITS.
- [5] Urena, A., Martinez, E.E., Rodrigo, P., Gil, L., 2004. "Oxidation treatments for SiC particles used as reinforcement in aluminium matrix composites", *Composites Science and Technology* 64 (2004) 1843–1854.
- [6] Valdez, Z dan Aquilar, J. 1997. "Influence of Al_2O_3 on the Production of MgAl_2O_4 with Microwaves", *Journal of Microwaves Powder and Electromagnetic Energy*, Universidad Autonoma, Mexico, 32 (2), 74–79.
- [7] Widyastuti. 2009. "Rekayasa Proses Laminasi Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/ Al_2O_3 dalam Fasa padat", Disertasi Jurusan Metalurgi dan Material, FT UI.
- [8] Zainuri, M. 2008. "Pengaruh Pelapisan Permukaan Partikel SiC Dengan Oksida Metal Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Al/SiC", *Makara Sains* 12: 126-133.